

VU Research Portal

Weer van alle tijden

van den Hurk, B.J.J.M.

2015

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

van den Hurk, B. J. J. M. (2015). *Weer van alle tijden*. Vrije Universiteit Amsterdam.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

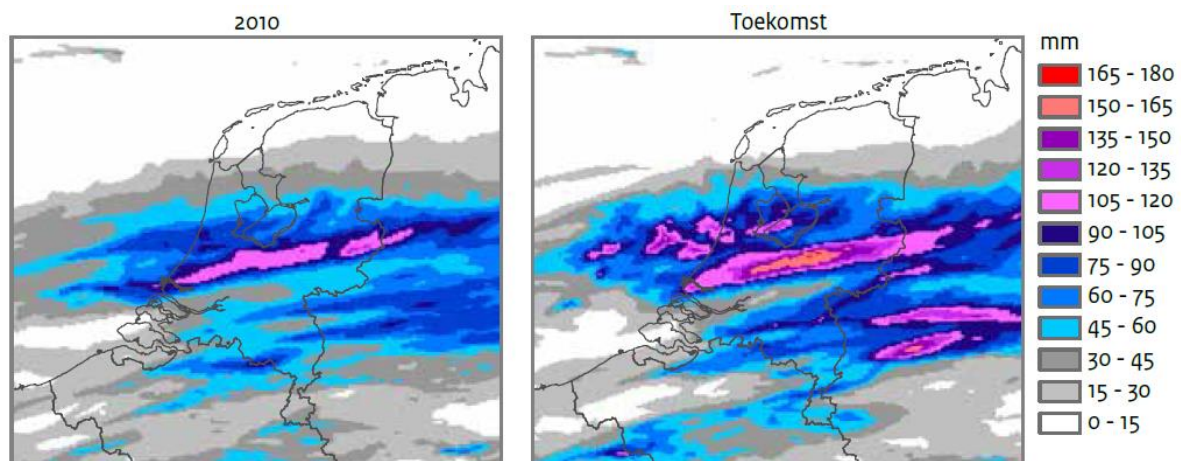
Weer van alle tijden

Oratie Bart van den Hurk ter bekleding van de leerstoel

Interacties tussen klimaat en het socio-ecologisch systeem

Namens KNMI aan het Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM) aan de Vrije Universiteit Amsterdam

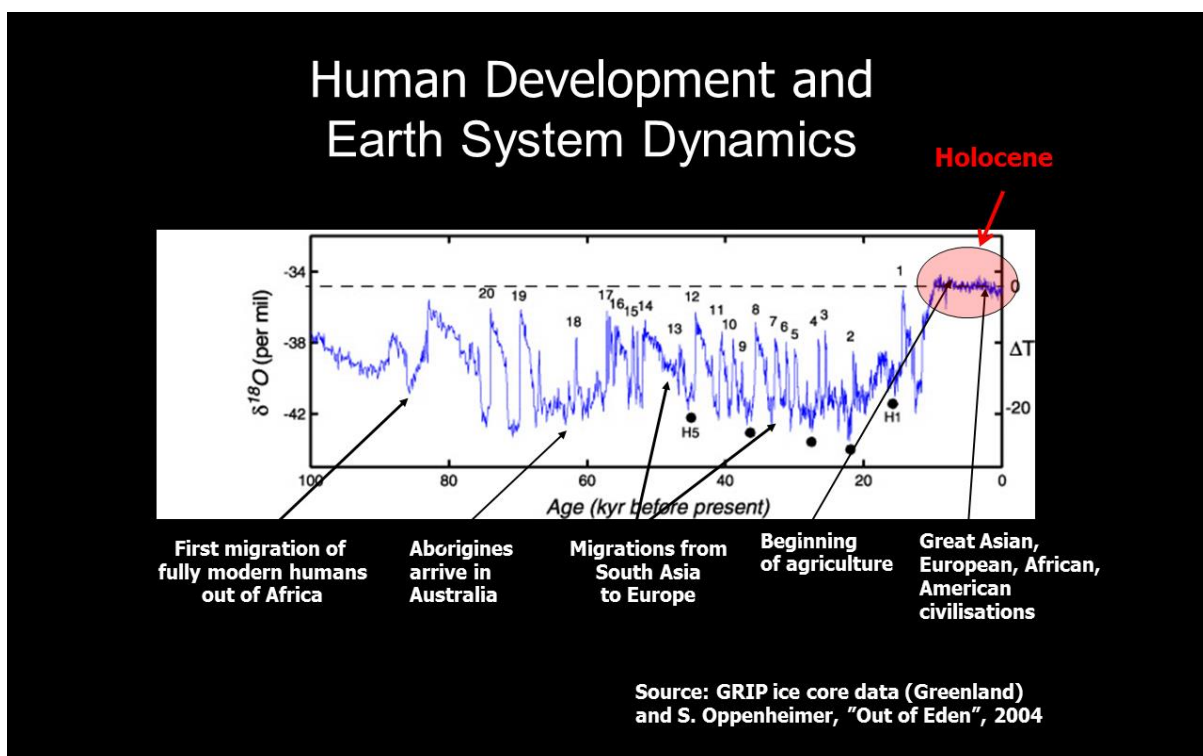
21 jan 2015



Terwijl de aandacht voor klimaatverandering in media, politiek en samenleving flink fluctueert, is de aandacht voor extreme weersverschijnselen onverminderd sterk. En steeds vaker worden die met klimaatverandering in verband gebracht. Zo'n pittige Nederlandse stortbui als op 28 juli, het record-warme jaar 2014, de overstromingen in Thailand: zijn deze nou voorbodes van de klimaatverandering die ons te wachten staat? Het KNMI heeft afgelopen voorjaar een nieuwe set klimaatscenario's uitgebracht, om een kwantitatief beeld te schetsen van het klimaat wat Nederland zou kunnen hebben in 2030, 2050 of eind 21e eeuw. De scenario's zijn een bruikbaar en populair hulpmiddel bij beleidsmatige of praktische verkenningen van waterbeheer, transport, economische kansen en risico's en andere toepassingen. Maar de lijst scenario-kentallen, met daarin geprojecteerde veranderingen van variabelen als de gemiddelde zomertemperatuur, de 10-daagse neerslagsom die eens per 10 jaar wordt overschreden, of de koudste winterdag van het jaar geven maar een beperkt beeld van de typische weersverschijnselen die we kunnen koppelen aan die scenario's.

KNMI heeft daarom naast die generieke scenario-tabellen ook het concept "Future Weather" geïntroduceerd: alledaagse weerbeelden die kunnen helpen bij de verkenning van omstandigheden die nog niet eerder zijn voorgekomen, maar wel om maatregelen vragen. Zulke beelden hebben als voordeel dat ze de complexiteit van het weer en mogelijke gevolgen daarvan als uitgangspunt nemen, en veel gelegenheid bieden om onverwachte consequenties in kaart te brengen, een belangrijke functie van scenario's. Het nadeel is dat ze niet noodzakelijkerwijs "representatief" zijn, en dat hun relevantie niet direct kan worden afgeleid uit het feit dat ze met een zekere regelmaat voor zullen komen. Maar in combinatie met generieke scenario's leveren ze veel inzicht in de kwetsbaarheid van de samenleving voor toekomstige omstandigheden.

In het chaotische systeem wat we “onze wereld” noemen is alles altijd in beweging. Niks is wat het was, of wat het ooit zal zijn. De zonkracht varieert, de aarde beweegt, er wordt energie en water getransporteerd terwijl de verschijningsvorm ervan verandert, er zwerven levende en bewegende wezens rond, waaronder wijzelf, mensen. Mensen hechten echter aan een stuk zekerheid. Johan Rockström, een onderzoeker die zich onder andere bezig houdt met de draagkracht van de planeet, leerde mij een half jaar geleden dat op het moment dat het Holocene aanving, zo’n 10.000 jaar geleden, er op 4 plaatsen tegelijk landbouw werd uitgevonden. Niet omdat de menselijke geest toen pas rijp bleek voor deze gigantische revolutie, maar omdat er voor het eerst tijdens het bestaan van de moderne mensheid een periode aanbrak waarin de gemiddelde temperatuur redelijk stabiel bleef. En er dus enige regelmaat en voorspelbaarheid kwam in de hoeveelheid neerslag, de lengte van de seizoenen, en andere factoren die nodig zijn om deze ontdekking tot ontwikkeling te brengen.



Uit ijskernen afgeleide tijdreeks van de temperatuurontwikkeling gedurende de laatste 100.000 jaar, in combinatie met een paar mijlpalen van de ontwikkelingsgeschiedenis van de moderne mensheid. Powerpoint-slide uit presentatie van Johan Rockström, “Advancing science in water resilience”, Delft, 2 september 2014.

Het is een fraaie illustratie van de rol die het klimaat speelt bij de ontwikkeling en welvaart van de mensheid. Maar die rol lijkt wel steeds kleiner te worden. Het menselijk aanpassingsvermogen is enorm, ook aan geleidelijke of minder geleidelijke veranderingen in klimaatpatronen. Zonder het menselijk vernuft zou het immers ondenkbaar zijn dat miljoenensteden als Las Vegas of Dubai kunnen bestaan in het midden van uitgestrekte woestijngebieden. Maar kan ook een land onder zeeniveau – het voorbeeld is bekend – het niet lang uithouden.

Adaptatie aan veranderende omstandigheden gebeurt zowel gepland als ongepland. De verschillende fases van de Nederlandse Deltawerken zijn duidelijk getriggerd door onverwachte extreme of dreigende rampspoed zoals de Watersnood in 1953 en de bijna-overstromingen van de grote rivieren in 1993 en 1995. Maar na die triggers wordt er uitermate planmatig te werk gegaan: organiseren van politiek draagvlak, gedegen wetenschappelijke voorstudies, bestuurlijke implementatie, en dat alles met het besef dat de wereld om ons heen verandert, en dat “uit het verleden behaalde resultaten geen garantie zijn voor de toekomst”. Dus ook verwachte of mogelijke veranderingen in demografie, welvaart, landgebruik en ... klimaat worden bij die plannen ingecalculeerd.

De mogelijkheid om in de toekomst te kijken is een geweldige verworvenheid van de moderne mens. De wetenschappelijke ontwikkeling heeft ons in staat gesteld om de veranderende wereld te begrijpen, te beschrijven, en ons een voorstelling te maken van de toekomstige toestand van zelfs zo iets complex als het klimaat. We hebben theorieën geformuleerd, waarnemingen verricht en mathematische modellen gebouwd die de dynamica van het klimaatstelsel beschrijven. En we hebben zelfs een oplossing bedacht om toekomstbeelden te construeren voor tijdvakken en schaalniveaus die inherent onvoorspelbaar zijn, door de chaotische en niet-lineaire aard van het systeem. We hebben een scenario-structuur geformuleerd die de mogelijke toekomst schetst onder aanname van een aantal belangrijke maar onderling verschillende stuurvariabelen. En op het KNMI hebben we een groot aantal beschikbare toekomstprojecties weer weten samen te vatten in een overzichtelijke en samenhangende set toekomstbeelden die geldig zijn voor Nederland en de directe omgeving: de KNMI'14 klimaatscenario's. Een geweldig instrument om orde te scheppen in al die mogelijke toekomst. En een zeer bruikbaar referentiekader voor de vele verschillende toepassingsgebieden in Nederland die zich op een of andere manier willen voorbereiden op een toekomst die er anders uitziet dan vandaag.



Klimaatscenario's zijn nadrukkelijk geen voorspellingen, en ook neem ik vaak afstand van de bewering dat ze als groep een zekere kansverwachting voorstellen, omdat ze een groot deel van de zogenaamde onzekerheidsmarge in berekende toekomstige klimaatcondities omvatten. Allereerst houd ik persoonlijk niet zo van het woord “onzekerheid” in deze context. Die term suggereert dat er op een gegeven moment met enige zekerheid is te voorspellen hoe het klimaat zich zal ontwikkelen, maar dat we op dit moment gewoon nog niet zo ver zijn, dat er meer onderzoek nodig is. Minder onzekerheid over het voorspelbare deel van het klimaatstelsel betekent meer vertrouwen in projecties van de wereldgemiddelde temperatuur, maar geeft niet automatisch meer vertrouwen in projecties van regionale patronen of extreme weersverschijnselen. Het onderzoek naar onzekere processen in het klimaatstelsel hoeft wat mij betreft niet uitsluitend gemotiveerd te worden door de drang om onzekerheden terug te dringen: ook een vergroting van het begrip van het systeem, inclusief de inherent onvoorspelbare kenmerken daarvan, is een legitieme grond voor procesonderzoek. De term onzekerheid heeft het daarnaast in zich om verlamdend te werken op de

besluitvorming: als we het nog niet zeker weten, laten we dan de besluiten maar uitstellen totdat er meer zekerheid is. Ook in dat geval vind ik dat er te weinig waarde wordt ontleend aan de enorme kennis die wetenschappers over het klimaatsysteem inmiddels hebben vergaard. En tenslotte: er wordt vaak gesuggereerd dat besluitvormers ('policy makers', vaak geassocieerd met politici) niet goed met onzekerheid om kunnen gaan. Het tegendeel is volgens mij waar: een besluitvormer wil wat te kiezen hebben. Collega Lenny Smith van de London School of Economics heeft veel "stakeholders" gevraagd naar hun kennisbehoefte op het gebied van klimaatverandering. En iedereen gaf aan dat besluitvorming mensenwerk is, en niet gemechaniseerd kan worden.

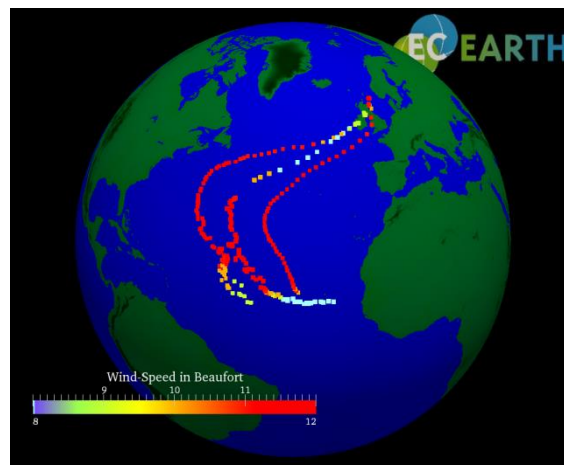
Tijdens de jaren dat ik mij op het KNMI heb bezig gehouden met het opstellen, duiden en doelgroep specifiek maken van klimaatscenario's ben ik tot de conclusie gekomen dat we de rol die die scenario's spelen bij de daadwerkelijke besluitvorming op de juiste waarde moeten schatten. Je hoeft geen besluitvormingsexpert te zijn om in te zien dat de meeste besluiten – op relatief kleine schaal zoals keuzes voor stedelijke waterbeheerplannen, tot wereldomvattende afspraken over terugdringen van broeikasgasemissies of inrichting van fondsen voor klimaatadaptatie – afhankelijk zijn van een complexe mix aan factoren. De simpele redenering dat "onze klimaatscenario's bepalen hoe hoog de dijken in Nederland moeten worden" is wat te kort door de bocht. Die dijkhoogte hangt af van een hoop andere factoren: hoeveel geld hebben we ervoor (over), wat is de waarde van het beschermde gebied, welk veiligheidsrisico is maatschappelijk (politiek) gezien acceptabel, wat valt er te verdienen aan kennis over klimaatadaptatie? Dat geldt voor de wereldwijde klimaatonderhandelingen net zo. Het is niet voor niks dat adaptatieonderhandelingen altijd geassocieerd worden met welvaartsverdeling, en mitigatieonderhandelingen met de wereldwijde energievoorziening. Het framen van klimaat als uitgangspunt voor deze onderhandelingen of beleid is vergelijkbaar met de oprichting van een single-issue politieke partij die alleen voor het welzijn van dieren (of ouderen, of muzikliefhebbers) opkomt. Ik ben er geen voorstander van.

En daarbij: voor veel beslissingen, zeker op het gebied van adaptatie, is slechts een erg beperkt element van die veelbesproken klimaatverandering relevant: namelijk verandering van de kans dat we met verschijnselen te maken gaan krijgen waarop we ons wellicht niet heel erg goed hebben voorbereid. Verschijnselen waarbij het weer een rol speelt, wel te verstaan, en dan vooral extreem weer. Plensbuien in de stedelijke omgeving, hoge golven langs de kust, grote afvoergolven door onze waterwegen, lange perioden met weinig regen. Vooral de indicatoren voor extreem weer uit onze KNMI'14 klimaatscenario's krijgen daarom veel aandacht.

Ons beeld van lineaire besluitvorming op basis van kwalitatieve of kwantitatieve informatie strookt niet met mijn ervaring met besluitvormingsprocessen. Bij verreweg de meeste besluiten die ik in mijn eigen leven heb genomen speelde intuïtie een grote rol. Zelfs bij ingrijpende beslissingen als het kopen van een huis, iemand ten huwelijk vragen, of het verjaardagscadeau voor een neefje zijn de objectieve criteria op grond waarvan ik heb gekozen nauwelijks doorslaggevend geweest. Maar ook intuïtieve beslissingen hebben een verhaal nodig, waarmee je achteraf voor jezelf, of voor mensen in je peergroup, of voor burgers in de samenleving een geloofwaardige motivatie presenteert.

op de ene dag tot veel overlast of zelfs tot gevaarlijke omstandigheden leiden, terwijl een vergelijkbare hoeveelheid op een andere dag, onder andere omstandigheden welhaast ongemerkt aan ons voorbij gaat. En vanuit deze notie is het duidelijk dat een tabel met weerkundige indicatoren, zoals KNMI'14, maar een deel van het verhaal vertelt. We gaan op zoek naar weerkundige verhalen die de klimaatscenario's verder inkleuren en tastbaar maken, door een gedetailleerde beschrijving van het weer van de toekomst, ofwel Future Weather.

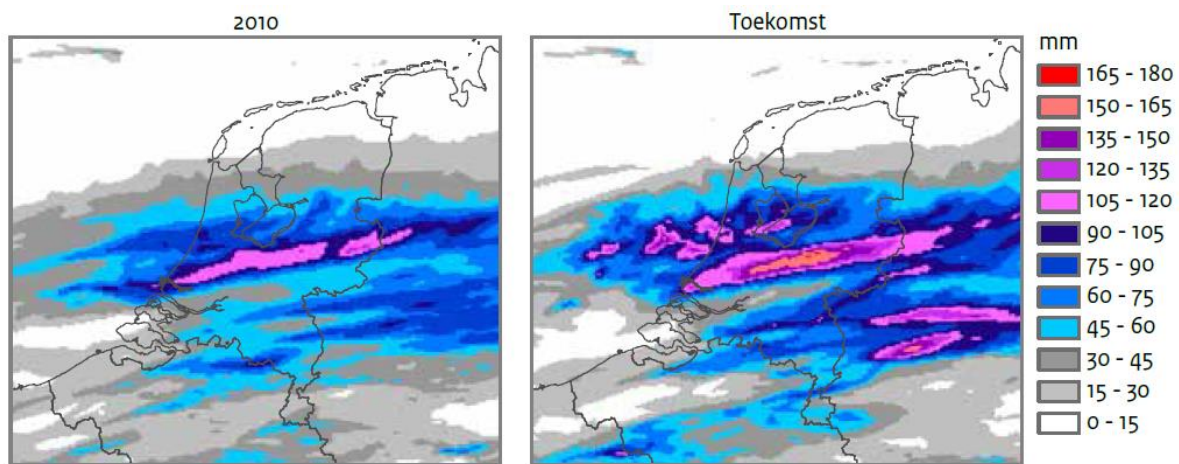
In zijn oratie “Verhalen van weer in de toekomst”, op de kop af 2 jaar geleden in Wageningen, bespreekt Wilco Hazeleger al een aantal voorbeelden van omstandigheden die zich niet in onze scenario's laten vangen. Maar die zich door hun bijzonderheid, of hun afhankelijkheid van een aantal speculatieve aannames ook moeilijk laten lenen als een algemeen scenario wat past in een generiek kader. Zo zijn er simulaties met ons eigen klimaatmodel EC-Earth, gedraaid met een veel fijnmaziger ruimtelijk grid dan waarmee de klimaatmodellen zijn gedraaid die de basis vormden voor de KNMI'14 scenario's. En waarin we, in tegenstelling tot die grofmazige modellen, veranderingen zien in de frequentie waarmee tropische cyclonen in het najaar afzwaaien richting West Europa. In de grove klimaatmodellen kunnen we die tropische cyclonen helemaal niet zien, laat staan veranderingen in hun aard of intensiteit in kaart brengen. In deze fijnmazige simulaties zien we grote veranderingen van de kans op harde winden in het Noordzeegebied in het vroege najaar tijdens het Atlantisch orkaanseizoen, en niet in de winter, wanneer traditiegetrouw de stevigste Noordzeestormen woeden (Haarsma et al, 2013). En zomerse omstandigheden zijn nogal anders dan in de winter: de bomen zitten nog vol in het blad, meer bedrijvigheid in het kustgebied door toerisme, een andere waterhuishouding, et cetera.



Baan van een aantal tropische cyclonen gesimuleerd met het mondiaal klimaatmodel EC-Earth, gedraaid op hogere ruimtelijke resolutie dan reguliere klimaatprojecties. Te zien is een aantal banen van cyclonen die “afzwaaien” richting West-Europa. De kleur geeft de maximale windsnelheid in een tijdvak aan (naar Haarsma et al, 2013).

Maar we hoeven niet naar het synthetische weer van een klimaatmodel uit te wijken om voorbeelden te vinden van unieke situaties zonder precedent maar met een grote invloed op de

samenleving. We kunnen veel leren van extreme omstandigheden die ons in het verleden voor uitdagingen hebben gesteld. Bij de presentatie van de KNMI'14 klimaatscenario's hebben we een extreme neerslaggebeurtenis uit het recente verleden in een toekomstige context geplaatst. Augustus 2010 was voor Nederlandse begrippen extreem nat, en vooral rond 26 augustus zijn er recordhoeveelheden neerslag gevallen; in Lievelede werd 138 mm in 24 uur gemeten, een waarde die maar een paar keer is overschreden sinds we begin 20^e eeuw zijn begonnen met de systematische waarnemingen. Die situatie liet zich goed vangen in een regionaal weermodel. En wat in werkelijkheid lastig is kan in een modelwereld vrij eenvoudig: je verandert het klimaat een beetje om te kijken hoe zo'n situatie er in een warmere wereld uit zou zien. In dit geval door de temperatuur van de omgeving met 2 graden te verhogen, in combinatie met wat aanpassingen aan de luchtvochtigheid. En zoals te verwachten viel veranderde de neerslagsituatie sterk: nog grotere hoeveelheden dan er al waren geregistreerd, met maxima in een veel groter gebied dan voorheen, en meerdere cellen met meer dan 100 mm.



Simulaties van een gebeurtenis met extreem veel neerslag voor de actuele situatie rond 26 augustus 2010 (links), en voor een situatie representatief voor een 2 °warmer klimaat (rechts). Getoonde neerslaghoeveelheden zijn sommen per 2 dagen (Bron: KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland; brochure uitgegeven door KNMI (2014)).

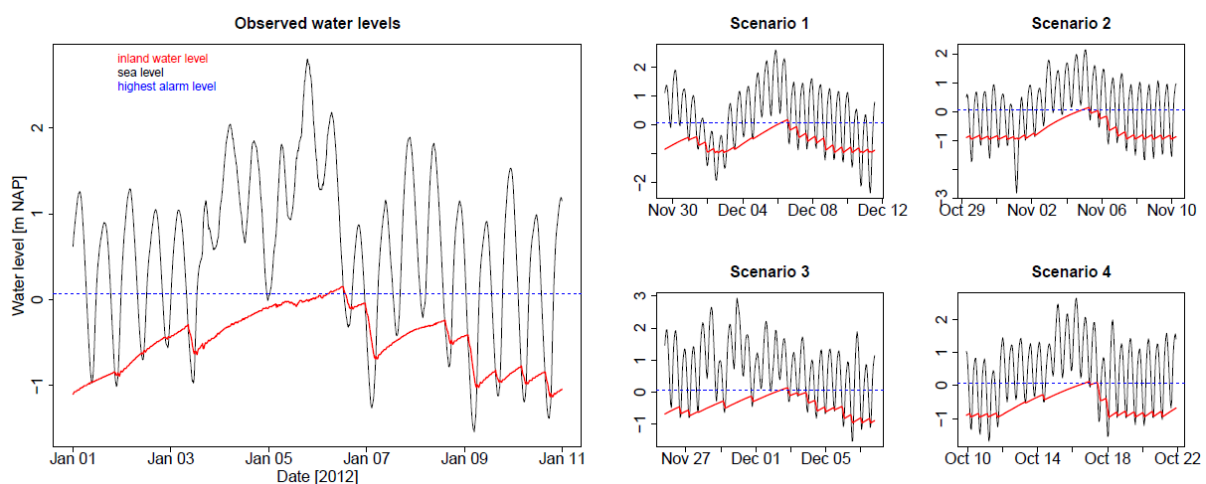
Wat is de waarde van zo'n analyse? De kans dat precies deze situatie zich voordoet is immers nul, want elke situatie is uniek, of die nou uit een model komt of werkelijk is opgetreden. Maar het geeft wel degelijk een hoop extra "beeld en geluid" bij de mogelijke implicaties van klimaatverandering. In dit geval werd het duidelijk dat de wateroverlast niet alleen op elke plek afzonderlijk zou toenemen, maar juist ook op meerdere plekken tegelijk. En dat betekent wellicht dat waterschappen die een belangrijk afvoerkanaal voor overtollig water delen zich moeten realiseren dat de afvoercapaciteit van dat kanaal ook beïnvloed wordt door de mate waarin hun burens er gebruik van maken. De berekening ondersteunt de beeldvorming, en maakt het mogelijk praktische consequenties van niet eerder opgetreden omstandigheden in kaart te brengen. Maar zonder inkadering is het tegelijk pure speculatie. De KNMI'14 scenario's bieden dit kader: de gekozen 2 graden is daaraan ontleend.

Door veel naar praktijksituaties te kijken leren we doorgaand dat moeilijkheden ontstaan door een combinatie van factoren, een samenloop van omstandigheden, en niet door het overschrijden van een drempelwaarde van een of andere indicator. Een mooi voorbeeld was de problematische

situatie die in waterschap Noorderzijlvest in januari 2012 ontstond toen er een flinke hoeveelheid neerslag viel op een bodem die door overvloedige neerslag daarvoor al helemaal verzadigd was, en er tegelijk gedurende enkele dagen een flinke Noordenwind stond die de stand van het zeewater buitengaats van de dam die het Lauwersmeer scheidt van de Waddenzee flink opstuwde. Zo kon er gedurende 5 opeenvolgende laagwaterperiodes geen water op zee worden geloosd uit het Lauwersmeer, en liep het waterpeil in het waterschap gevaarlijk hoog op. De neerslag was wel stevig maar niet uitzonderlijk; zo iets komt gemiddeld elke 10 jaar een keer voor. Ook de stormopzet had een betrekkelijk korte herhalingsstijd. Maar het was de combinatie van factoren die de problemen veroorzaakten, niet de neerslag of de stormopzet apart.



We hebben daar op het KNMI aan gerekend en hebben kunnen vaststellen dat vooral bij relatief hoge waterstanden de hevige neerslag en de stormopzet aan elkaar gecorreleerd zijn: dat ze dus vaker samen voorkomen dan je op grond van toeval zou verwachten. Maar toen we er samen met mensen van Deltares en het waterschap verder aan zijn gaan rekenen kwamen we er ook achter dat de allerhoogste waterstanden van het Lauwersmeer weer niet zo gevoelig zijn voor de gelijktijdigheid van stormopzet en neerslag in het waterschap. Die zien we namelijk vooral optreden bij gevallen van dood tij, een situatie waarin door de positie van zon en maan de gebruikelijke getijdebeweging kleiner is dan normaal, en waarin dus de waterstand bij eb hoger is. Deze is niet gecorreleerd met neerslag of windopzet. Het is een prachtig voorbeeld van de manier waarop de combinatie van factoren (neerslag, stormopzet, getijdebewegingen) kan leiden tot situaties die bepalend kunnen zijn voor besluiten over de inrichting van de waterhuishouding van een gebied.



Tijdsree van de waterstanden rond het Lauwersmeer. Zwarte lijnen zijn de waterstanden van de Waddenzee, waarin getijden te herkennen zijn. De rode lijnen zijn de waterstanden van het Lauwersmeer, beïnvloed door de afvoer van regenwater uit een groot deel van het gebied van het waterschap Noorderzijlvest. De blauwe gestippelde lijn is het hoogste waarschuwningsniveau. De figuur links toont de waarnemingen, terwijl rechts 4 willekeurige situaties zijn geselecteerd uit een groot ensemble van regionale klimaatmodel-simulaties.

Het rekenwerk wat we hieraan hebben verricht is gebaseerd op een flink aantal modelprojecties, waarin 16 verschillende mogelijke realisaties van de weerkundige ontwikkelingen in West Europa tussen 1950 en 2000 zijn doorgerekend. Deze projecties zijn ook gebruikt bij de KNMI'14 klimaatscenario's, maar daarvoor zijn vooral de statistische eigenschappen van meteorologische grootheden bepaald, in combinatie met verwachte veranderingen onder toekomstige broeikasgas-omstandigheden. Voor het rekenwerk voor Noorderzijlvest hebben we veel meer gekeken naar de samenhang in omstandigheden die tot die hoogwatersituaties kunnen leiden. We hebben een gedetailleerd waterbalansmodel van het gebied, ontwikkeld door Deltares, gekoppeld aan ons regionaal klimaatmodel, en die combinatie liet een alleszins realistische dynamiek van die waterstanden zien. Met betere statistiek dan we op basis van de waarnemingen kunnen krijgen. En met de mogelijkheid om omstandigheden te veranderen, en te kijken naar de gevolgen van zeespiegelstijging of veranderingen in de neerslagstatistiek (Van den Hurk et al, 2015).

Een ander voorbeeld waar samenloop van omstandigheden belangrijk zijn speelt zich af rond de Maeslandkering in de Nieuwe Waterweg. Deze draaiende en drijvende constructie gaat dicht bij een dreigend hoge waterstand in het Rotterdamse Havengebied, een situatie die zich gemiddeld eens per 10 jaar voor zou moeten doen. Maar na elke sluiting van de kering moet er een uitgebreide onderhoudsinspectie worden uitgevoerd. Er worden immers flinke krachten op de constructie uitgeoefend, en ook de bewegende onderdelen moeten worden gecontroleerd. Wat is nou de kans dat er zich tijdens zo'n onderhoudsbeurt, die doorgaans meerdere weken in beslag neemt, nóg zo'n hoogwatersituatie voordoet? Voor een nauwkeurige kansberekening zijn de beschikbare waarnemingsreeksen te kort om er een betrouwbare uitspraak over te doen, en ook hier vallen we terug op de statistiek van ensembles van modelsimulaties.



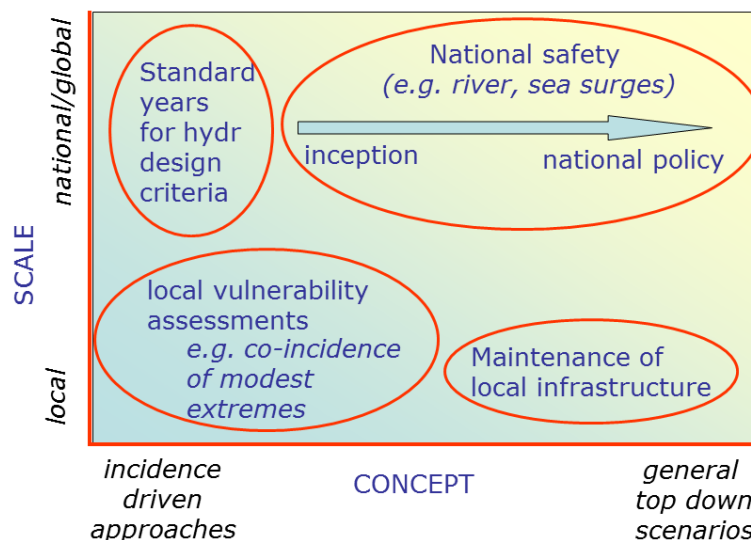
Het zijn interessante voorbeelden van hele specifieke, praktijk georiënteerde maatwerkanalyses. We hebben op het KNMI een redelijke track record opgebouwd van projecten waarin we de effecten van klimaatverandering op bepaalde sectoren, gebieden of activiteiten in kaart hebben gebracht. Meestal bestaan deze zogenaamde “tailored” scenario's uit een specifieke projectie van de klimaatscenario-kentallen op de betreffende toepassing: een speciale meteorologische indicator, verschuivingen van patronen in ruimte of tijd, soms een combinatie van meerdere meteorologische kentallen. Maar in de voorbeelden hierboven gaan we nog een stap verder. We nemen niet de kansverdelingen van meteorologische indicatoren op een bepaalde plek, en verschuivingen daarin als uitgangspunt, maar verdiepen ons in weersituaties die tot bijzondere omstandigheden en risico's leiden. Met al hun complexiteit, de veelkoppige effecten van de weerelementen op de samenleving, en de afhankelijkheid van die effecten van andere omstandigheden zoals zeeniveau, onderhoudsschema's of afspraken over waterafvoer. We dalen af in een anekdotisch archief, en gebruiken onze kennis, maar ook onze creativiteit om dat archief te verrijken met nieuwe voorbeelden of analoge situaties die net zo goed – maar op een andere manier – tot risicovolle situaties kunnen leiden.

We komen hier dicht in de buurt bij de inmiddels veel gepropageerde “vulnerability approach”. In de blogosfeer en literatuur over klimaatverandering en de effecten daarvan op de maatschappij wordt veelvuldig gediscussieerd over de vraag welke rol modellen en scenario’s kunnen spelen bij een adequate inschatting van deze maatschappelijke effecten van klimaatverandering. Ruwweg twee scholen staan daarin tegenover elkaar. De “top-down” stroming propageert de lijn die we ook terugvinden in de manier waarop IPCC periodiek de kennis over klimaatverandering en de effecten daarvan ordent. Startpunt is een analyse van mondiale processen die van invloed zijn op het klimaat (menselijke ingrepen zoals broeikasgasemissies, aerosolen en landgebruiksveranderingen temidden van natuurlijke factoren als zonneactiviteit, vulkaanuitbarstingen en interne klimaatschommelingen), die vervolgens worden gebundeld in verschillende verhaallijnen (scenario’s van mondiale ontwikkelingen). Deze worden als randvoorwaarde opgelegd aan een verzameling mondiale klimaatmodellen, waaruit de grofstoffelijke respons van het klimaat wordt afgeleid. Na flink veel statistische correcties, regionaliseren en inzoomen worden hiermee effectmodellen aangedreven die in kaart brengen hoe waterbeschikbaarheid, schade-*risico’s*, voedselproductie, biodiversiteit of de noodzakelijke koeling van datacentra kan veranderen. Een flinke rekenexercitie waarin onzekerheden (of liever het aantal mogelijke ontwikkelpaden) almaar stijgt naarmate je verder afdaalt in de oorzaak-gevolg keten.

De andere stroming benadert het onderwerp “bottom-up”, en begint bij de inventarisatie van de lokale kwetsbaarheid (“vulnerability approach”) voor klimaatfactoren. Op lokale schaal, of voor specifieke sectoren is klimaat maar één van de elementen die van invloed zijn op de bedrijfsrisico’s en –kansen. Andere omgevingsfactoren en socio-economische omstandigheden spelen doorgaans eveneens een grote (meestal zelfs grotere) rol. We zien dit terug bij onder meer de Deltascenario’s (Bruggeman et al, 2011), waar de KNMI klimaatscenario’s zijn gecombineerd met de WLO socio-economische scenario’s, en waarin de geprojecteerde groei van de economische waarde in een dijkkring een belangrijke factor was bij de vaststelling van de optimale beschermingsniveaus.

Wie mij een beetje kent weet dat ik niet de neiging heb om me erg vierkant voor of tegen een van de gepolariseerde kampen uit te spreken, ook niet in deze controverse. Tegelijk probeer ik te voorkomen om oplossingen te bedenken die een compromis vormen van de verschillende belangen. Compromissen kennen doorgaans meer verliezers dan winnaars. Ik geloof in de kracht van veelzijdigheid, zelfs in paradoxale verbindingen. Het elegante aan een top-down benadering is de mogelijkheid om een generiek kader te vormen, waaraan verschillende oplossingslijnen kunnen worden opgehangen. Deze functie hebben ook de KNMI’14 scenario’s: geen pretentie om alle mogelijke toekomsten in kaart te brengen, maar een conceptueel kader om op landelijk niveau de discussie en afwegingen over klimaatadaptatie te stroomlijnen. Lokale interpretaties van KNMI’14 kunnen van plaats tot plaats verschillen, maar in alle gevallen kan er wel naar een zelfde denkkader worden gerefereerd, wat onderlinge afstemming en het creëren van draagvlak stevig kan helpen. Anderzijds ben ik een pragmaticus, en geloof ik sterk in lokale oplossingen voor lokale kwesties. Een bottom-up aanpak waarbij klimaat een van de randvoorwaarden vormt is zeer effectief. Maar een wetenschappelijke analyse vergt een conceptueel kader wat verder gaat dan het vinden van praktische oplossingen voor lokale problemen. Ook een bottom-up aanpak heeft een generiek kader nodig, een stelsel van uitgangspunten en analysetechnieken waarover je een wetenschappelijk debat kunt voeren.

Dus, waar een top-down aanpak een behoorlijke bewerkingsroute af moet leggen om geschikt te zijn voor lokale interpretaties, is een bottom-up aanpak weer minder geschikt om te dienen als generieke kapstok. Een tijd geleden hebben we met een team onder leiding van Frans Berkhout de verschillende methoden bij elkaar gezet in een diagram en beoordeeld (Berkhout et al, 2014). Daarbij hebben we onderscheid gemaakt tussen de schaal waarop een scenario-analyse van toepassing is, en de conceptuele aanpak. In principe lenen analyses op grote nationale of mondiale schaal zich meer voor een top-down aanpak, terwijl inventarisatie van kwetsbaarheden van een waterschap als Noorderzijlvest in beginsel meer profijt heeft van een bottom-up aanpak waarin lokale omstandigheden een grote rol spelen. In de beide andere hoeken hebben we ook wel voorbeelden kunnen vinden, zoals een nationaal waterbeheer dat zich in de praktijk mede laat leiden door incidentele voorbeelden van extreme natigheid of droogte uit het verleden, of lange termijn planning van lokale waterkeringen die afgestemd wordt op generieke scenario's. Maar deze rangschikking neemt niet weg dat top-down scenario's erg abstract zijn, en weinig concreet over de manier waarop klimaatvariabiliteit en klimaatverandering eruit zien. En dat bottom-up analyses juist weer erg specifiek zijn en lastig uit te drukken zijn in termen van waarschijnlijkheden en representativiteit.



Conceptueel overzicht van verschillende scenario-technieken. Op de horizontale as worden de technieken gerangschikt van incident-gedreven naar een generieke top-down aanpak, en op de verticale as wordt het schaalniveau (van lokaal naar nationaal) weergegeven. In het vlak vinden we een aantal voorbeelden van scenario-projecten (uit: Berkhout et al, 2014).

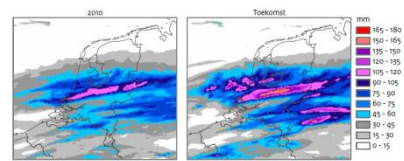
We zijn niet op zoek naar een compromis tussen die twee, maar naar een verbinding, een methode waarmee we de vruchten van beide kunnen plukken. Een generiek scenario-framework à la KNMI'14 of de Deltascenario's, maar dan ingevuld met tastbare meteorologische beelden die passen bij die scenario's, die het noodzakelijke "beeld en geluid" verder invullen, en die een interpretatie naar de concrete praktijk ondersteunen.

Het begint uiteindelijk bij het aanboren van een portie creativiteit. Wie zich bezighoudt met risicobeheersing moet zich kunnen verplaatsen in situaties die zich nog niet hebben voorgedaan. Moet complexe acties en reacties kunnen overzien. Moet deze fantasierijke situaties kunnen vertalen in een aanpak die de risico's inperkt, beheersbaar maakt of zelfs omzet in kansen. En

bovenal: onze scenarist moet aannemelijk zien te maken dat het verstandig is om van deze hypothetische beelden uit te gaan. Dat deze beelden helpen om betere, robuustere besluiten te nemen.

Het wetenschappelijk rapport van de KNMI'14 klimaatscenario's besteedt een hoofdstuk aan de onderbouwing van deze scenario's, en noemt daarvoor een aantal criteria. In feite zijn weerbeelden die je gebruikt om de KNMI'14 getallen verder in te kleuren van zichzelf ook scenario's. Geen klimaatscenario's, maar weerscenario's. Net zoals we in de weersverwachting meerdere scenario's kunnen schetsen van hoe het weer er volgende week, of volgende maand uit kan zien. Dus laten we Future Weather eens langs dezelfde meetlat leggen als waar we de KNMI'14 klimaatscenario's aan hebben blootgesteld. Die moesten plausibel zijn, relevant zijn, en legitiem zijn.

Plausibiliteit is een wat ingewikkeld begrip: het kan betekenen dat het *niet ondenkbaar* is dat een bepaalde situatie voor zal komen, maar je kunt ook een wat strengere definitie hanteren, die plausibiliteit verbindt aan de veronderstelling dat die situatie *naar alle waarschijnlijkheid* wel eens ooit voor zal komen. Als we de casus beschouwen die ik eerder liet zien moeten we eigenlijk twee tegenovergestelde conclusies trekken ten aanzien van de plausibiliteit. Het weerbeeld wat hoort bij een 2 graden warmere situatie is alleszins plausibel, althans, voor zover we kunnen vertrouwen op het model waarmee de situatie is gecreëerd. Maar we werken hier met een model wat routinematig in weersverwachtingen wordt gebruikt, en wiens ontwikkeling sterk beïnvloed is door de zeer frequente vergelijking met actuele waarnemingen. Dit model is verre van perfect, maar de processen die deze situatie domineren zijn fysisch gezien zeer realistisch, onderling consistent en plausibel.



Kijken we naar die andere uitleg van het begrip plausibiliteit, namelijk de kans dat exact deze situatie ooit uit zal komen, dan komen we tot een andere conclusie. Er bestaat namelijk een 0% kans dat het in Groningen en Friesland tijdens een bepaald etmaal droog is terwijl er in een band tussen Katwijk en Enschede ongeveer 100 mm valt met een piek van ruim 130 mm tussen Schiphol en Utrecht, terwijl het Hier ontvouwt zich een duidelijk dilemma van deze “Tales of Future Weather”, zoals Wilco Hazeleger het in zijn oratie en recente paper verwoordt (Hazeleger et al, 2015): de selectie van de beelden is verre van arbitrair, je kunt die niet baseren op een of andere objectief vast te stellen herhalingsijd of andere maat voor representativiteit. Je moet afdalen in de praktijk, in overleg gaan met de mensen die hun besluitvorming willen laten onderbouwen, om te bepalen bij wat voor soort situaties het spannend is geweest of kan worden. Welke situaties de besluitvorming kunnen beïnvloeden. Ofwel: welke situaties zijn relevant? Bij KNMI'14 is er een uitvoerige consultatie geweest onder gebruikers van de scenario's, en die hebben mede vorm gegeven aan de selectie van de variabelen, de structuur en de communicatie rondom de scenario's. Voor Future Weather is een vergelijkbare selectie van relevante omstandigheden in samenwerking met de gebruikers van die informatie essentieel.

Het criterium legitimiteit heeft vooral te maken met de presentatie van de voorbeeldbeelden, en de transparantie over de logica van de selectie. Net zomin als dat we een individuele extreem warme of natte dag kunnen toeschrijven aan een veranderend klimaat kunnen we zo'n gekozen weerbeeld als

maatgevend voor toekomstige condities beschouwen. De informatie die aan Future Weather beelden kan worden ontleend is niet probabilistisch maar anekdotisch, ingegeven door de praktijk. Je kunt er geen herhalingstijden aan ontnemen, maar wel verrassende verbanden ontdekken. En verder wordt legitimiteit van de beelden bevorderd door de sterke referentie naar actuele praktijksituaties, geplaatst in een nieuwe context.

De nieuwe leerstoel die ik namens het KNMI aan de VU zal bekleden staat in het teken van de verbinding tussen weer, klimaat en samenleving. Zij biedt een uitstekende kans om mijn ervaringen met het opstellen en interpreteren van klimaatscenario's en weerbeelden te combineren met de bestaande theorieën op het gebied van robuuste besluitvorming, adaptief management, optimalisatie van een mix aan maatregelen, kosten/baten analyses, risicopercepties etc. De leerstoel heeft de wat ingewikkelde titel "Interacties tussen klimaat en het socio-ecologische systeem". De kiem van de leerstoel ligt in de samenwerking tussen wetenschappers van het KNMI en het Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM) van de Vrije Universiteit ten tijde van het Klimaat voor Ruimte Programma. Op het KNMI werd de vorige generatie klimaatscenario's ontwikkeld, terwijl het IVM veel kennis vergaarde over overstromingskansen en daaraan gerelateerde socio-economische risico's. Klimaatverandering heeft op verschillende manieren invloed op mogelijke veranderingen in die risico's: het kan de kans op risicovolle gebeurtenissen veranderen, het kan de mate waarin die gebeurtenissen voorspeld kunnen worden veranderen, het kan de effecten van die gebeurtenissen veranderen. Een leerstoel aan dit instituut is een uitgelezen kans om het onderzoek aan het KNMI op het gebied van weer en klimaat te verbinden met de maatschappelijke effecten van extreme meteorologische omstandigheden.

Aan IVM-zijde is mijn leerstoel op twee plekken stevig verankerd. Als onderdeel van de groep van Jeroen Aerts voel ik me thuis in de vele gesprekken en plannen om onze kennis over de effecten van het Weer van Alle tijden te vergroten. Een cadeautje kwam in de vorm van het promotieproject van Erin Coughlan, die onder supervisie van Maarten van Aalst op het Klimaatcentrum van het Rode Kruis werkt aan de mate waarin voorspelde kansen op extreme hydrologische condities de allocatie van hulpmiddelen kunnen beïnvloeden. Dit zogenaamde "Forecast based Financing" werk maakt het mogelijk om een afweging te maken tussen enerzijds de maatregelen die je ver voor een mogelijke overstromingssituatie kunt nemen, en anderzijds het geld wat je moet reserveren om ten tijde van de eventuele ramp zelf nog de nodige acties uit te voeren. Die afweging hangt samen met de kwaliteit van de voorspelling, het beschikbare geld, de mogelijke maatregelen en de manier waarop mensen tegen risico's aankijken. Een prachtig werkterrein waar het echte weer en de echte samenleving bij elkaar komen in een academische studie. Ook heb ik met de ploeg van Jeroen Aerts gewerkt aan een EU-projectvoorstel IMPREX, wat helemaal uitgaat van het principe dat het huidige weer de beste leermeester is voor toekomstige risico's. Binnenkort horen we of dit voorstel in aanmerking komt voor EU-financiering.



De andere poot aan het IVM is de landgebruik groep rond Peter Verburg. Op dit terrein zijn er grote kansen om hun kennis over veranderingen in landgebruik en kwetsbaarheid voor extreme omstandigheden te verbinden met onze kennis over weer en klimaat.

Binnen het KNMI is deze leerstoel helemaal in lijn met de recent opgestelde instituutsstrategie die we onder leiding van onze nieuwe en energieke directeur Gerard van der Steenhoven hebben opgesteld. Het KNMI heeft enorm veel kennis en ervaring met het in kaart brengen van extreme weer- en klimaatomstandigheden. Denk aan de KNMI-klimaatscenario's, maar ook aan de taak die we hebben om Nederland te waarschuwen voor extreem weer. In onze strategie willen we deze wetenschappelijke kennis en praktische ervaring sterker dan voorheen met elkaar verbinden. Bovendien houden we niet op bij de meteorologie, maar gaan we zo diep mogelijk in op de maatschappelijke effecten of de manieren waarop risico's op nadelige gevolgen kunnen worden verkleind. Deze visie ligt ook ten grondslag aan de fusie tussen twee afzonderlijke weer- en klimaat georiënteerde onderzoeksgroepen tot een enkele R&D afdeling Weer- en Klimaatmodellen, en ik ben me met veel energie aan het inwerken als vakgroep manager van deze groep professionals. Deze combinatie van weer- en klimaatonderzoekers en hun projecten levert precies die expertise die nodig is voor een betekenisvolle duiding van de relatie tussen weer en klimaat. We zullen bij het onderzoek naar extreme weersverschijnselen en hun voorspelbaarheid in de operationele weersverwachtingen meer aandacht kunnen geven aan de klimaat gerelateerde randvoorwaarden die deze verschijnselen verklaren. We zullen opgetreden weer plaatsen in de context van het veranderende klimaat, met statistische uitspraken, en met fysische onderbouwing van de achtergrond van die verschijnselen. Maar we zullen ook anders kijken naar de uitvoer van onze klimaatmodellen. Met meer oog voor de verschijnselen aan de grond, de manier waarop een veranderend klimaat zich via weerbeelden manifesteert. Op zoek naar gebeurtenissen zonder precedent, en meer oog voor samenlopende omstandigheden, zowel binnen als buiten het domein van de fysische meteorologie. Future Weather is een veelbelovend concept dat ook in de wetenschappelijke wereld aandacht trekt. Coïncidenties, attributie van weersomstandigheden, en veranderingen in voorspelbaarheid zijn andere voorbeelden waar een inspirerende wetenschappelijke toekomst lonkt.

Ik ga afronden. Maar niet zonder een oprecht dankwoord aan een paar speciale en voor mij bijzonder inspirerende mensen. Ik wil natuurlijk beginnen bij de grondleggers van deze nieuwe leerstoel: Frans Berkhout en Wilco Hazeleger waarmee de eerste gesprekken zijn gevoerd, Frits Brouwer die het proces als voormalig directeur van het KNMI heeft gesteund, en Jeroen Aerts en Peter Verburg die zich als ruimhartige gastheren op het IVM hebben opgesteld. Aan Wilco ben ik een extra dankwoordje verschuldigd: als denkkraft en krachtige initiator van concepten en projecten als Future Weather en EC-Earth, maar ook voor het inspirerend leiderschap van de KNMI-afdeling Mondiaal Klimaat, waar ik me door zijn houding altijd zeer uitgenodigd en uitgedaagd voelde om mezelf als wetenschapper en nu als manager verder te ontwikkelen. En hoewel mijn status ten opzichte van voormalige collega's nu iets is veranderd wil ik graag kwijt dat ik ook in de toekomst hoop te kunnen blijven rekenen op de geweldige inspirerende ideeën van mensen als Geert Jan van Oldenborgh, Jules Beersma, Geert Lenderink, Rein Haarsma, Henk van den Brink, Alexander Bakker en de vele overige talenten die er op het KNMI rondlopen.

De vorming van deze leerstoel viel in de tijd en in de ideeënvorming samen met de transitie die het KNMI afgelopen jaar heeft doorgemaakt. Dat de huidige stemming op het KNMI zo pro-wetenschap en zo pro-samenleving is, en dat dat door de meesten allerm minst gevoeld wordt als een onmogelijk dilemma hebben we denk ik deels te danken aan onze nieuwe directeur. Ik heb veel vertrouwen in Gerard als koersvaste kapitein van een schip in woelige wateren. In Twente vonden ze het jammer

dat-ie vertrok, en ik kan me hun treurnis (met enig leedvermaak) voorstellen. Ik ontleen veel werkplezier aan de collegiale sfeer die er in het management van het KNMI heerst, en naast de DR en MT wil ik graag mijn managementassistenten Brigitta Kamphuis en nu Marieke Laagland erg bedanken voor hun waardevolle steun en toewijding.

Dit is mijn tweede oratie. De vorige editie stond in het teken van de Buys Ballot leerstoel aan het IMAU in Utrecht, en de plannen die daarin stonden zijn deels wel, en deels ook niet helemaal uit de verf gekomen. Ik kan terugkijken op een geweldige periode als Buys Ballot-hoogleraar, waar ik veel steun en vertrouwen heb genoten van collega's, vakgenoten en promotie-studenten. Een bijzonder woord van dank voor een aantal nestors en invloedrijke collega's in deze context: Gerbrand Komen, Henk de Bruin, Bert Holtslag en postuum Aad van Ulden. Na de promotie van Alexander Bakker, twee weken geleden aan deze universiteit, staat de teller van afgeleverde promovendi op 6, en er zitten nog 5 studenten in de pijplijn. I wish Siswanto, Laura, Christiana, Erin and Vincent all the inspiration that is needed to accomplish their tedious task.

Ook een hoogleraar heeft een huis en een familie. Sterker nog, zonder dat huis en die familie zou ik niet zijn wie ik nu ben. Mijn lief Hilda geef ik de mooiste plek in dit verhaal omdat ze die verdient: die van de laatstgenoemde en meest beminde persoon. Zij is echt weer van alle tijden.

Ik heb gezegd.

Referenties

- Berkhout, F., B. van den Hurk, J. Bessembinder, J. de Boer, B. Bregman and M. van Drunen (2014): Framing climate uncertainty: using socio-economic and climate scenarios in assessing climate vulnerability and adaptation; *Regional and Environmental Change* **14** (3), 879-893.
- Bruggeman, W., E. Dammers, G.J. van den Born, B. Rijken, B. van Bommel, A. Bouwman, K. Nabielek, J. Beersma, B. van den Hurk, N. Polman, V. Linderhof, C. Folmer, F. Huizinga, S. Hommes en A. te Linde (2013): *Deltascenario's voor 2050 en 2100 - Nadere uitwerking 2012-2013*; <https://deltaprogramma.pleio.nl/file/view/20469432/deltascenarios-eindrapport-2012-2013>
- Haarsma, R.J., W. Hazeleger, C. Severijns, H. de Vries, A. Sterl, R. Bintanja, G.J. van Oldenborgh en H.W. van den Brink (2013): More hurricanes to hit Western Europe due to global warming; *Geophys. Res. Lett.*, 2013, doi:10.1002/grl.50360.
- Hazeleger, W., B.J.J.M. van den Hurk, E. Min, G.J. van Oldenborgh, X. Wang, A.C. Petersen, L. Smith, D.A. Stainforth, E. Vasileiadou (2015): Tales of Future Weather. *Nature Geoscience* (in press)
- Van den Hurk, B., E. van Meijgaard, P. de Valk, K.-J. van Heeringen and J. Gooijer (2015): Analysis of a compounding surge and precipitation event in the Netherlands; in review by *Enironmental Research Letters*.